COMPTE RENDU
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 OCTOBRE 1864.

PRÉSIDENCE DE M. MORIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Force cristallogénique* (deuxième partie); *par* M. Fréd. Kuhlmann.

Cristallisation des métaux; concrétions minérales; géodes; arborisations.

« J'ai désigné sous le nom de *force cristallogénique* la tendance des molécules de même nature à constituer des cristaux, celle, par exemple, qui réunit les molécules de gypse disséminées dans une masse d'argile pour constituer un cristal parfait de forme, souvent très-volumineux et d'une entière transparence.

» Cette attraction moléculaire s'applique aux corps dans les divers états qu'ils peuvent affecter. C'est elle qui, dans nos laboratoires, attire vers un noyau cristallin la vapeur d'iode ou d'acide benzoïque pour produire de magnifiques lames ou aiguilles cristallines. C'est à elle qu'on peut attribuer la formation des gros cristaux de soufre qu'on rencontre dans la nature déposés sur des calcaires et qui proviennent d'émanations volcaniques, soit de soufre en vapeur, ou de soufre produit par le contact de l'acide sulfureux et de l'acide sulfhydrique, comme il s'en produit lorsque les résidus de la fabrication de la soude artificielle sont exposés quelque temps au contact de l'air. C'est elle encore qui justifie le grossissement démesuré des cristaux par le procédé de Leblanc, où les corps cristallisables sont à l'état de dissolution dans l'eau.

» Cette impulsion ainsi donnée aux molécules similaires, de se réunir au

sein d'un milieu peu résistant, procède d'une propriété générale de la matière, et la cristallisation, plus ou moins parfaite, en est la conséquence. Il est difficile, en effet, d'admettre que les molécules de gypse cheminent ainsi dans une masse d'argile ou de marne en vue unique de la formation de tables rhomboïdales biselées sur les bords; car, selon les circonstances et en particulier le plus ou moins de résistance apportée à la liberté de ces pérégrinations, le gypse peut aussi se présenter à l'état aciculaire, fibreux ou saccharoïde. On sait d'ailleurs que le gypse de formation purement sédimentaire affecte les formes les plus variées; il se trouve en couches ou amas, en amandes, en rognons, nids, veines, mouches, etc. Enfin, le gypse se constitue souvent à l'état anhydre et donne la karsténite qui forme des rognons et des veines dans le sel gemme.

» Un grand nombre de corps moins facilement cristallisables que le gypse donnent, par cette attraction des molécules similaires entre elles, des couches ou des nodules; ainsi, dans le calcaire de Bidache, dans les Basses-Pyrénées, la silice forme de distance en distance des couches distinctes; dans les craies, il se produit souvent des concrétions sous forme de rognons de silex pyromaque disséminés, mais souvent aussi disposés par couches.

» Or, il est incontestable que la silice, bien que cristallisable à l'état anhydre, a été ainsi réunie sur des points déterminés à l'état d'hydrate; mais dans cet état de concrétion, la force cristallogénique amène bientôt dans le centre des rognons des cristaux de quartz qui démontrent manifestement le passage de la silice hydratée à l'état de silice anhydre et cristallisable. En même temps que ces cristaux se produisent, il se forme un espace vide par le retrait successif de la pâte siliceuse dont la porosité explique l'évaporation de l'eau d'hydratation. Les mêmes réflexions s'appliquent aux géodes d'agate. On serait porté à croire, en envisageant un fragment isolé d'agate rubanée, que cette agate doit être toujours le résultat d'un dépôt superficiel dont les lignes parallèles accusent les petites sinuosités des corps à la surface desquels ces dépôts ont été effectués. Mais, en examinant avec attention une géode entière d'agate, on ne voit pas le plus souvent comment des couches concentriques ont pu se produire autrement qu'en admettant que la silice hydratée a formé des noyaux qui se sont successivement agrandis par la superposition de couches diversement colorées par leur mélange avec des oxydes métalliques ou des matières bitumineuses, et que la formation cristalline dans les parties les plus centrales n'a été que subséquente. Or, ici encore la porosité de la pâte siliceuse hydratée donne l'explication de l'espace vide qui s'est produit au

centre des géodes, et l'on peut même se rendre compte, par cette tendance de la silice hydratée à passer à l'état de silice anhydre, de l'existence de gouttelettes d'eau engagées au milieu de pâtes siliceuses.

» On remarquera enfin que dans les agates, les lignes parallèles et concentriques des dépôts disparaissent d'autant plus qu'on approche davantage du centre où se montre à nu le quartz cristallisé. Cette dernière disposition des agates est surtout rendue visible lorsqu'on fait pénétrer du brai dans la partie hydratée par les procédés que j'ai indiqués.

» La transformation spontanée des matières amorphes en matières cristallisées a déjà été de ma part l'objet de recherches dont j'ai eu l'honneur de présenter les résultats à l'Académie dans sa séance du 15 novembre 1857. J'ai cité dans ce travail des exemples nombreux de cette transformation, soit qu'il s'agisse de pâtes minérales, soit qu'il s'agisse des métaux où la structure fibreuse se trouve souvent remplacée par l'état cristallin sous l'influence de simples vibrations.

» J'ai fait voir alors déjà que des fils de laiton étirés et très-flexibles peuvent devenir cassants par des vibrations souvent répétées, de même que les fils de fer qui, à raison de cette propriété, sont aujourd'hui généralement écartés de la construction des ponts de fer. Les sommiers de fonte ont subi le même sort dans la construction des habitations, dans laquelle on leur a généralement substitué de la tôle ou du fer en barres.

» C'est là certainement un progrès, mais il ne faut pas admettre que l'on a ainsi complétement écarté tout danger; dans ma pensée, on n'a fait que l'éloigner d'un certain nombre d'années.

» L'expérience a démontré, en effet, que la cristallisation du fer corroyé donne souvent lieu à des accidents. La rupture fréquente d'essieux de voitures en est la preuve. Les essieux de locomotives, ne recevant pas autant de secousses de l'inégalité du sol que les essieux de voitures roulant sur le pavé, cristallisent moins rapidement et périssent le plus souvent par l'usure des fusées. Ainsi, M. Petiet, le savant ingénieur du chemin de fer du Nord, m'a fait voir des essieux qui avaient parcouru plusieurs centaines de mille kilomètres et dont le fer avait conservé son état fibreux.

» La qualité du fer doit d'ailleurs exercer une très-grande influence sur la rapidité plus ou moins grande de cette transformation; ainsi je puis présenter à l'Académie un fragment de jante d'une roue de locomotive, où cette transformation a été telle, que les écailles cristallines présentent une largeur de plus d'un centimètre.

» J'ai constaté que des altérations analogues se produisaient dans le fer en lames. Ainsi, de la tôle d'excellente qualité, qui avait servi à construire

une chaudière à vapeur, après avoir été soumise pendant vingt années au frémissement qui résulte de l'ébullition de l'eau, a perdu toute flexibilité et se brise par l'action d'un violent coup de marteau; les rivets eux-mêmes sont devenus cassants. Des observations analogues ont pu avoir lieu dans tous les chantiers de construction et de réparation.

» Il peut donc être utile de constater périodiquement les progrès de cette altération de la tôle; pour cela, on peut avoir recours à un procédé fort simple et qui consiste à attaquer avec de l'acide nitrique concentré une surface de quelques centimètres carrés du métal dépouillé d'oxyde et poli au moyen d'une lime à taille fine. Après que l'acide a agi pendant quelques minutes, le lavage à l'eau met à nu l'étal cristallisé de la tôle et donne une indication qui peut mettre en garde contre les dangers d'explosion et conduire tout au moins à faire un nouvel essai de la chaudière au moyen d'une pompe foulante.

» Un examen sérieux de cette question démontrera, je pense, l'utilité de renouveler ces essais périodiquement, par exemple tous les quinze ou vingt ans de fonctionnement des chaudières; car il me paraît hors de doute que la fragilité acquise par la tôle a été la cause de bien des accidents.

» La disposition à cristalliser est générale dans les métaux; j'ai constaté que le platine lui-même, lorsqu'il est employé à la construction des chaudières destinées à la concentration de l'acide sulfurique où il se trouve soumis à un frémissement continu et à une température assez élevée, prend une structure cristalline, devient cassant et poreux, et qu'il est utile de soumettre ces chaudières à un dressage et à un nouveau martelage après quelques années de travail.

» J'ai constaté même que, sans qu'il y ait vibration ou élévation de température, certains métaux peuvent subir spontanément des modifications dans leur contexture. Ainsi, du thallium coulé en lingot, forgé par martelage, converti ensuite en médaille sous un balancier de l'hôtel des Monnaies, après un an de séjour dans un flacon contenant de l'eau distillée, a pris une surface rugueuse et cristalline et a perdu une partie de sa flexibilité. Proust a découvert, il y a bientôt un demi-siècle, le moiré métallique, cette propriété du fer-blanc de présenter l'aspect de grandes lames cristallines avec des reflets satinés lorsqu'on en attaque la surface avec de l'acide chlorhydrique. Il a fait voir en outre que pour rendre cette cristallisation plus apparente et plus variée il suffit de chauffer le fer-blanc au point de ramollir l'étain et de le refroidir ensuite brusquement, soit en le plongeant dans de l'eau froide, soit en projetant à sa surface des gouttes de ce liquide pour ensuite l'attaquer par de l'acide.

» La disposition cristalline qu'affecte l'étain dans cette circonstance diffère essentiellement de la cristallisation habituelle de ce métal, telle qu'on l'aperçoit à la surface des lingots et qui ressemble à la cristallisation en barbes de plume qu'affecte souvent le sel ammoniac. Cela tient-il à ce qu'il y a du fer qui s'est allié à l'étain? je ne le pense pas; des effets analogues s'obtiennent d'ailleurs avec le zinc fixé à la surface du fer galvanisé ou avec un fer-blanc préparé avec un alliage d'étain et d'antimoine.

» Tout me porte à croire que l'étain dans le fer-blanc, retenu par soudure et en couches minces à la surface du fer, a été contrarié par ce fait dans la mobilité de ses molécules et que sa cristallisation s'est ressentie de cette entrave. Mon attention s'est particulièrement portée sur les étoiles qui se produisent sur le fer-blanc lorsque avant de l'attaquer par de l'acide chlorhydrique on projette à sa surface, après l'avoir chauffé, quelques gouttes d'eau froide. Dans ces circonstances, le point touché par l'eau devient un centre d'action d'où partent dans toutes les directions des rayons cristallins d'un aspect satiné. Le développement de ces rayons s'arrête au point de leur rencontre avec les rayons d'un autre centre d'action dans des conditions telles, que la ligne séparative est généralement placée à distance égale des centres de rayonnement et qu'ainsi, suivant la position de ces centres, il se forme des dessins étoilés divisés par des lignes droites d'autant plus rapprochées que les centres de rayonnement sont plus nombreux sur une surface donnée. Le résultat présente une sorte de marqueterie formée d'étoiles rayonnées, bizarrement disposées et séparées par des lignes droites.

» Si, dans la cristallisation qui donne le moiré métallique, la présence du fer ne m'a pas paru la cause déterminante de la disposition cristalline produite, c'est que cette même disposition peut être produite artificiellement avec quelques matières cristallisables étendues en couches minces sur des corps polis. Et pour d'autres, elle est produite lorsque la mobilité de leurs molécules est contrariée par un liquide gommeux ou par l'entreposition de corps étrangers formant obstacle matériel. Voici quelques faits à l'appui de ce que je viens d'énoncer :

» *A*. — Si sur une feuille de métal ou de verre placée horizontalement et après en avoir bien dégraissé la surface par un peu de dissolution de potasse caustique, on applique au pinceau une couche mince de dissolution de mannite, et si cette dissolution n'est pas très-concentrée, il se produit peu à peu par l'évaporation de l'eau une couche cristalline qui occupe toute la surface sur laquelle la dissolution avait été étendue. Cette cristallisation est formée d'un ensemble d'étoiles séparées les unes des autres par des lignes droites placées de telle façon, que ces lignes séparatives sont exactement

disposées comme dans le moiré métallique, c'est-à-dire à égale distance des centres de rayonnement.

» Si la dissolution de mannite est trop concentrée et si, par conséquent, la formation des cristaux est plus rapide, la cristallisation rayonnée n'a plus lieu, il ne se forme alors que de fines aiguilles détachées et la surface du métal ou du verre ne se trouve plus uniformément couverte. Dans ce dernier cas, les molécules cristallines sont attirées les unes vers les autres et forment des cristaux autour desquels la feuille de métal ou de verre se trouve à nu.

» *B*. — Une couche de sirop de sucre, étendue sur une feuille de verre bien dégraissée et conservée dans une position horizontale au contact de l'air, y a produit un vernis persistant. Aucune modification ne s'étant produite après quelques jours de repos, j'ai exposé la feuille de verre couverte de sirop de sucre à l'air humide d'une cave et, en moins d'un jour, la couche continue et transparente a fait place à des bouquets de cristaux de sucre assez espacés, en laissant la surface du verre comprise entre les groupes cristallins entièrement à nu et dépouillée de sucre. L'humidité a facilité le mouvement des molécules dans cette circonstance, et il est difficile de trouver une démonstration plus concluante de cette force cristallogénique, dont j'ai analysé les effets dans mon précédent travail à l'occasion de la congélation de l'eau sur les vitres.

» *C*. — J'ai également étendu sur des feuilles de métal et de verre, en usant des précautions déjà indiquées, des dissolutions de sulfate de fer, de sulfate de cuivre, de sulfate de zinc et de sulfate de magnésie et un grand nombre d'autres sels, et j'ai toujours remarqué que l'évaporation de l'eau donnait lieu à la formation de cristaux plus ou moins volumineux, isolés ou par groupes, et que la surface du métal ou du verre, par le fait de cette concentration des molécules cristallines, se trouvait en grande partie dépouillée de matière saline.

» *D*. — Si, dans ces circonstances de l'application des dissolutions salines sur des surfaces planes et polies, par un artifice quelconque on diminue la libre mobilité des molécules cristallisables, si l'on interpose un obstacle matériel, si, par exemple, on épaissit les dissolutions par un oxyde métallique hydraté, par de l'alumine, de la magnésie, de l'oxyde de zinc, de l'oxyde de fer, de l'oxyde de cuivre, etc., ou si l'on se borne à ajouter aux dissolutions salines une matière gommeuse, albumineuse ou gélatineuse, la cristallisation qui se produit s'étend toujours sur toute la surface qui avait été occupée par la dissolution saline (1).

---

(1) Toutes les matières visqueuses, gomme, dextrine, albumine, gélatine, le sucre et la

» Dans ces circonstances, j'ai obtenu les effets les plus inattendus au point de vue de la variété et de la bizarrerie des tableaux cristallisés.

» Tantôt des étoiles analogues à celles que donne le moiré métallique et la mannite, présentant encore les mêmes phénomènes quant à la disposition des lignes séparatives des rayons; tantôt ce sont des arborisations semées d'étoiles, des guirlandes admirablement correctes de dessin qui s'étendent gracieusement sur un fond semé de bouquets, etc., etc. Et à cette curieuse végétation minérale, on voit pousser des rameaux sur toute l'étendue de la surface qui lui est offerte, fût-elle de plusieurs mètres carrés. Une circonstance digne de remarque, c'est que pour les dessins étoilés, si les rayons d'un centre d'action se sont développés plus rapidement que ceux du centre le plus rapproché, au moment de la rencontre, sur les places usurpées, les molécules cristallines dépassant la limite se retournent et s'ajoutent aux rayons du centre d'action qui est resté en retard, et cela tout aussi longtemps que les matières cristallines sont encore humides.

» Il m'est impossible de décrire ici toutes les variétés de dessins que je suis parvenu à produire et dont je présente seulement quelques échantillons à l'Académie : qu'il me suffise de dire que par les mêmes procédés on arrive toujours aux mêmes motifs de tableaux cristallisés, à des étoiles, à des rameaux, à des bouquets isolés ou semés sur un fond d'arborisation, mais que jamais les dessins ne sont identiquement les mêmes et que l'on peut avec la même matière saline obtenir à volonté des effets entièrement distincts : 1° par la concentration plus ou moins grande des dissolutions; 2° par leur mélange en proportions variables; 3° par la nature chimique des corps mis en suspension dans le liquide cristallisable; 4° par leur quantité; 5° par la nature et la quantité de la matière gommeuse ou gélatineuse.

» J'ajouterai que par des réactions chimiques j'ai transformé plusieurs matières salines ainsi cristallisées en composés différents; ainsi, avec le

---

glycérine exceptés, m'ont donné de bons résultats. Ayant appris que cette dernière matière avait été employée avec succès par un confiseur de Wurtzbourg en Bavière pour empêcher la gelée de ses vitrages et ayant vu par moi-même au buffet d'une gare du chemin de fer du Nord quelques vitres recouvertes d'une cristallisation saline, j'ai dû rechercher si des savants s'étaient déjà occupés en Allemagne des modifications apportées à la cristallisation que j'ai mentionnées dans ce travail. Les réponses ont été négatives sur ce point, tant de la part de M. le Dr Schraeder, de Dresde, que de M. le professeur Boetger, de Francfort, dans le laboratoire duquel mon fils a eu occasion de répéter une de mes expériences au mois d'août dernier.

sulfate de cuivre, j'ai formé du sulfure de cuivre; dans d'autres circonstances, j'ai produit des iodures, des chlorures ou d'autres composés insolubles qui ont conservé la disposition cristalline des sels qui leur ont donné naissance. Par le simple lavage des feuilles de métal ou de verre revêtues des cristaux ainsi transformés, en évitant toute agitation du liquide, j'obtiens des dessins analogues à ceux primitifs, et exclusivement formés par les composés insolubles produits par une sorte d'épigénie. Le lavage des tableaux cristallins obtenus avec des mélanges de dissolutions cristallisables, avec des oxydes ou autres corps amorphes, conserve aussi à ces tableaux leur configuration en maintenant les corps mélangés à la place que leur avait assignée dans ces tableaux le mouvement de la cristallisation dans lequel ils avaient été entraînés.

» Si, maintenant, nous jetons un coup d'œil sur les productions naturelles, combien ne trouverons-nous pas de rapprochements possibles entre ces productions et les résultats de mes expériences, et, selon toute apparence aussi, entre les moyens d'action mis en jeu. Quant aux résultats, mes étoiles cristallines ne sont-elles pas reproduites fidèlement dans la wavellite? Cette cristallisation rayonnée n'appartient-elle pas aussi à l'arragonite, aux pyrites, à la limonite, à la pyrolucite, etc.? Et ce luxe de formes bizarres ne se trouve-t-il pas dans le gypse qui nous donne, outre la cristallisation rayonnée, des bouquets isolés, des guirlandes et des feuilles qui ressemblent aux feuilles de vigne, et ne se trouve-t-elle pas d'une manière plus remarquable encore dans la wollastonite?

» Les arborisations des marbres, celles qu'on trouve dans les agates et qui, parfois, peuvent être expliquées par des infiltrations et par la capillarité, ne sont-elles pas aussi souvent le résultat de quelque entraînement dans la cristallisation d'une substance soluble qui a disparu? Et, quant aux moyens d'action, lorsque nous voyons que les sables siliceux tertiaires de la forêt de Fontainebleau sont agglutinés par une quantité relativement petite de carbonate de chaux, et se présentent à l'état de cristaux pseudomorphiques affectant la forme rhomboédrique, n'est-on pas conduit à reconnaître combien peut être puissant cet entraînement matériel de corps étrangers dans le travail de la cristallisation? Quand on rapprochera mes résultats sur l'influence des mélanges mécaniques aux dissolutions salines des faits déjà observés, lorsqu'on étudiera au point de vue de mes réactions artificielles les épigénies nombreuses qui ont exercé la sagacité de nos savants les plus illustres, on sera convaincu que dans toutes mes recherches j'ai eu la constante préoccupation d'imiter la nature dans ses admirables et mystérieux procédés. »

Observations du général **Morin** *sur la communication de* M. Kuhlmann.

« A l'occasion de la communication faite par M. Kuhlmann, je crois devoir appeler son attention sur l'influence que les variations de température peuvent exercer sur l'état du fer. Ainsi, j'ai vu un coin de fer doux de l'Ariége, qui, après être resté plusieurs mois dans l'armature d'un haut fourneau, où il servait de coin de calage, était passé de l'état fibreux à l'état cristallin.

» D'une autre part, des faits nombreux, observés sur les chemins de fer de l'Est, semblent indiquer qu'un abaissement de température peut exercer sur la résistance des rails à la rupture une influence très-notable.

» Dans l'hiver de 1860-61, du 11 décembre au 31 janvier, la température ayant été très-basse, le nombre des rails cassés sur les voies des départements de l'Est s'est élevé à 498. Dans ce nombre sont compris 258 rails rompus du 21 au 25 janvier 1861, époque pendant laquelle la température a été comprise entre — 7°,8 et — 16 degrés. Le 22 janvier, 127 rails ont été cassés sur la seule voie de Thann.

» Enfin je crois devoir rappeler, et M. le Maréchal Vaillant sait comme moi, que les anciens canonniers, convaincus de l'action du froid sur le fer, action qu'ils exprimaient en disant que *le fer gelait*, avaient pour habitude, après les froides nuits de l'hiver, de ne jamais faire feu, ni même de se mettre en marche, avant d'avoir frappé à coups de masse les essieux à l'extrémité des fusées, dans le sens de leur longueur, pour les *dégeler*, disaient-ils.

» Il serait donc intéressant que M. Kuhlmann, qui s'occupe des changements d'état moléculaire du fer, voulût bien porter son attention sur l'influence des variations de température sur cet état.

» Quant à l'action des vibrations sur la nature du fer des essieux, je crois devoir faire remarquer que les hommes les plus compétents en cette matière, M. Arnoux, administrateur des Messageries générales, et M. Marcoux, directeur de l'atelier des malles-postes, tous deux anciens officiers d'artillerie, avaient reconnu qu'un parcours moyen de 70 000 kilomètres était à peu près la limite que la prudence prescrivait de ne pas dépasser avant de faire repasser les essieux à la forge.

» Mais lorsque le fer était de bonne qualité, affiné et corroyé au charbon

de bois, l'altération ne se manifestait pas par son passage de l'état fibreux à l'état cristallin, mais par la rupture successive des fibres exposées aux plus grandes extensions. »

MÉMOIRES LUS.

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Du canal de Marseille et de l'aménagement de ses eaux dans la rigole de Longchamp* (deuxième Note); *par* **M. G. Grimaud**, de Caux (1).

(Commissaires précédemment nommés : MM. Dumas, Morin, Peligot.)

« I. De la branche mère du canal de Marseille, l'eau passe dans la rigole à peu près en l'état où elle est fournie par la Durance à Pertuis.

» *Quantité réelle de limon.* — J'ai dit l'incertitude qui régnait sur la quantité moyenne annuelle du limon. Un travail, récemment publié par M. Hervé-Mangon dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, permet d'apporter plus de précision dans les calculs. (*Expériences sur les limons charriés par les cours d'eau*, par M. Hervé-Mangon, ingénieur des Ponts et Chaussées. Paris, 1864; Lacroix, éditeur.)

» Pendant une année, tous les jours, à midi, on a recueilli, à Mérindol, de l'eau de la Durance, en notant à chaque puisage l'état du ciel, la température de l'air et celle de la rivière, la couleur de l'eau, et enfin la hauteur indiquée par l'échelle de Mérindol. Chaque mois le dépôt boueux était décanté avec soin et envoyé à M. Hervé-Mangon, qui, dans son laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées, en dosait chimiquement les résidus secs. De ses observations, dont le but n'a nul rapport avec l'objet de la présente Note, M. Hervé-Mangon a conclu que chaque quantité de 1 mètre cube d'eau qui a passé devant Mérindol, du 1er novembre 1859 au 31 octobre 1860, a entraîné avec elle $0^{mc},000917$ de limon : c'est le triple de la quantité que j'ai prise pour base de mes calculs dans ma Note précédente, et M. Hervé-Mangon fait remarquer que les erreurs dont les siens seraient susceptibles ne pourraient être que des erreurs en *moins*. Il faut donc admettre le chiffre de M. Mangon et l'appliquer aux 2000 litres par seconde qui sont transportés par la rigole de Longchamp.

» 2000 litres par seconde, c'est 172 800 mètres cubes par jour, dont en limon ($172800 \times 0,000917$) plus de 158 mètres cubes. Or, sur ces 158 mètres cubes, les trois quarts (1500 litres d'eau sur 2000) vont

(1) *Comptes rendus*, t. LIX, p. 554.

circuler dans le réseau de conduites qui sillonne la ville, pour se répandre dans les ruisseaux et s'élancer des fontaines publiques en larges cascades ou en puissants jets d'eau.

» Ceci explique les résultats incroyables que j'ai signalés et qui étonnent toujours l'étranger, quand il voit couler, pour la première fois, l'eau des fontaines de Marseille dans des périodes de *trouble*.

» De telles masses de limon, il est aisé de le comprendre, sont difficilement maniables. Comment éliminer de la rigole un volume de 57 670 mètres cubes de limon par an, soit en poids 92 272 tonnes de 1000 kilogrammes [1 mètre cube = 1600 kilogrammes (Mangon)]? Tel est le problème.

» *Action infructueuse des bassins de dépôt.* — On ne connaissait pas la véritable étendue de ce problème, quand, pour le résoudre, on établit sur la branche mère trois bassins dits d'épuration. Durant un temps, ces bassins ont vu passer 880 tonnes de limon par jour; ils sont comblés, ils ne servent plus. Celui de Ponserot, trois fois abandonné et trois fois repris, est aujourd'hui l'objet de nouvelles expériences, instituées par le directeur actuel, M. Pascalis. Un quatrième bassin construit sur la rigole n'a vu passer que 2000 litres par seconde. Ce bassin, de 6 hectares au moins, est plein de limon qu'on ne songe point à extraire. 240 000 tonnes de limon à remuer et à déplacer occasionneraient en effet une dépense devant laquelle il peut être permis de reculer.

» L'idée des bassins de dépôt émane d'un principe vrai, car le dépôt seul peut effectuer une clarification relative. Mais on a fait de ce principe une mauvaise application. Il fallait favoriser la dispersion du limon sur la plus grande étendue permise par les circonstances locales; c'est son accumulation qui a créé et qui créera toujours des difficultés insurmontables.

» Les circonstances locales! On ne devrait jamais oublier qu'elles dominent tout dans les questions d'*eaux publiques*. Ici, plus encore que partout ailleurs, la véritable habileté consiste, non pas à forcer la nature, mais à ne pas la mettre en contradiction avec les principes qui, en définitive, ne sont que l'expression des lois auxquelles elle est soumise.

» *Analyse du profil de la rigole.* — Le relevé des distances donne un total de $5758^{m},05$, chiffre exprimant la longueur du cours d'eau entre la prise au-dessus de Sainte-Marthe et le bassin de Longchamp.

Au point de départ la cote marque	146,09
Au point d'arrivée l'altitude n'est plus que de	73,43
Différence de niveau ou pente totale	72,66

» La pente serait donc supérieure à 1 centimètre par mètre en moyenne; mais, en suivant la ligne pas à pas, on remarque de grandes inégalités dans sa distribution. Il y a treize plans inclinés, dont les pentes varient depuis 23 centimètres jusqu'à $21^{m},89$, et les longueurs depuis 60 mètres jusqu'à $945^{m},60$. Les plus fortes pentes ne marchent pas avec les plus grandes longueurs, au contraire. La force motrice de l'eau a été prise en considération, et on l'a fait entrer avec raison comme un élément dans les produits qu'on attend de l'œuvre. On a donc profité des accidents de terrain pour se ménager des cataractes. J'ai compté six cataractes principales, dont deux de 4 mètres et au-dessus; deux de plus de 9 mètres; une de $14^{m},77$, et enfin une de $21^{m},89$. Ces six cataractes occupent ensemble un espace en longueur de 1365 mètres courants. Entre les cataractes s'interposent des plans de moindre pente, au nombre de sept principaux. Le plus horizontal n'a qu'une inclinaison de 83 centimètres sur $945^{m},60$ de longueur; le plus incliné s'abaisse de $3^{m},78$ sur un espace de 502 mètres. Les plans de moindre pente absorbent $3632^{m},43$.

» II. *Solution du problème.* — Qui ne voit maintenant qu'un bon aménagement de l'eau dans cette rigole ainsi constituée va nous donner la solution complète des difficultés principales? Les rivières à cours paisible et lent, qui ne reçoivent point d'affluent torrentiel, et qui ne sont troublées que momentanément par les orages, ces rivières-là ont toujours des eaux limpides. Que faut-il pour mettre la rigole de Longchamp dans une condition analogue, dans la condition de ces rivières dont les eaux cheminent avec une lenteur favorable au dépôt insensible des matières en suspension? Il faut élever les berges de chacun de ses plans de moindre pente et laisser à l'eau, pour toute vitesse d'écoulement, la vitesse donnée par la pente qui s'établit à la superficie. L'eau sera maintenue à un niveau constant d'une cataracte à l'autre, et l'on aura ainsi sept bassins de dépôt d'une incontestable efficacité (MORIN, *Expériences sur les cours d'eau*, Aide-Mémoire). Et en effet, il n'y a de constamment troubles que les eaux constamment agitées : toute eau tranquille devient claire. C'est-à-dire qu'après avoir coulé à l'abri de toute agitation, pendant un espace de près de 4 kilomètres, les eaux de la Durance arriveront au puisard de Longchamp dans un état de clarification qui leur est inconnu.

» *Extraction et emploi du limon.* — Quant au limon déposé, sa dispersion dans des bassins tout en longueur, sur une largeur qui peut être embrassée par un même ouvrier pour ainsi dire, rend le nettoyage des plus faciles; et, en y employant le nombre de bras nécessaire, on peut l'opérer sur toute la

ligne instantanément. Et, ce limon extrait, il n'y a pas à l'emporter, il n'y a qu'à le déposer sur les berges, où il ne restera pas longtemps, car les propriétaires d'alentour finiront par comprendre que l'*épandage* d'un limon contenant 39,60 parties de carbonate de chaux (PISANI, H. MANGON), 0,087 d'azote, et 0,548 de carbone (H. MANGON), est un moyen des plus efficaces pour engraisser les champs, et pour couvrir d'une couche fertile les rochers encore dénudés. Mais cette élévation des berges a pour effet immédiat d'amoindrir la vitesse du courant et pour conséquence nécessaire une diminution du débit. On pourvoira à cette diminution du débit en augmentant proportionnellement la section de la rigole.

» *De la dépense.* — Il y a donc ici deux éléments de dépense dont l'un est relatif à l'élévation des berges et l'autre à l'agrandissement de la section. Sans entrer ici dans des détails qui n'importent point à la science, il doit être permis de dire que ces dépenses seront relativement fort peu considérables.

» Voici en effet quelle sera la longueur respective des bassins longitudinaux et quelles pentes il faudra racheter par l'élévation progressive des berges :

Bassins.	Longueurs.		Pentes à racheter.
	m		m
I	338,83		0,33
II	161,00		0,30
III	784,00		0,78
IV	228,00		0,23
V	502,00		3,78
VI	673,00		0,57
VII	945,60		0,83
Total des longueurs	3632,43	des pentes.	6,82

» L'élévation des berges n'offrira donc qu'une dépense relativement insignifiante. L'agrandissement de la section sera plus coûteux. Il faudra doubler en quelque sorte la rigole. Mais la rigole, telle qu'elle est aujourd'hui avec ses œuvres d'art, siphons, ponts-aqueducs, cataractes, etc., n'a coûté à établir que 41 francs le mètre courant. Avec un prix semblable, lequel est évidemment exagéré, puisqu'il n'y a point d'œuvre d'art, la dépense n'atteindrait pas 150000 francs ($3632,43 \times 41 = 148\,929,63$).

» Pour ne point abuser de la bienveillance de l'Académie dans l'exposition de ces études, j'essayerai de réduire aux proportions d'une troisième Note ce qui me reste à dire de la branche mère et de la prise d'eau. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des équations algébriques;* *par* **M. A. Heegmann.** Deuxième Mémoire. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Duhamel, Chasles, Hermite.)

« Dans ce Mémoire, qui fait suite à une publication de 1861, j'arrive, au moyen d'un système de séries, à exprimer la racine x de l'équation

$$x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n = 0$$

de la manière suivante :

$$\left\{\begin{array}{l}
x = v + C\omega'; \quad \omega' = \sum_{c=0}^{1} \sum_{d=0}^{2} \cdots \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{c'=0}^{1} \sum_{d'=0}^{2} \cdots \sum_{i'=0}^{n-1} \sum_{c''=0}^{1} \sum_{d''=0}^{2} \cdots \sum_{i''=0}^{n-1} W; \\
W = \sum_{\varpi_1=1}^{2} \sum_{\varpi_2=1}^{3} \cdots \sum_{\varpi_{n-1}=1}^{n} Z; \quad Z = \sum_{\omega_1=0}^{\infty} \sum_{\omega_2=0}^{\infty} \cdots \sum_{\omega_{n-1}=0}^{\infty} \sum_{\tau_1=0}^{\omega_1} \sum_{\tau_2=0}^{\omega_2} \cdots \sum_{\tau_{n-1}=0}^{\omega_{n-1}} T\Xi; \\
T = M' Q \dfrac{\Pi E \Psi G}{(1.2.3\ldots n)^4}; \quad M' = \dfrac{1.2.3\ldots\omega'}{1.2\ldots(\mu'+1)}; \quad Q = \dfrac{q_{n-2}^{\tau_1} q_{n-3}^{\tau_2} \cdots q_0^{\tau_{n-1}}}{(1.2\ldots\tau_1)(1.2\ldots\tau_2)\ldots(1.2\ldots\tau_{n-1})}; \\
G = 2^{\tau_1}.3^{\tau_2}\ldots n^{\tau_{n-1}}; \quad \omega' = \omega_1 + \omega_2 + \ldots + \omega_{n-1}; \quad \tau' = \tau_1 + \tau_2 + \ldots + \tau_{n-1}; \quad \mu' = \omega' - \tau'; \\
\Xi = \sum_{\chi_1=0}^{\alpha-1} \sum_{\chi_2=0}^{\beta-1} \cdots \sum_{\chi_{n-1}=0}^{\kappa-1} \dfrac{\Omega}{\alpha\,\beta\ldots\kappa}; \quad \Pi = \rho_2^{c.\varpi_1} . \rho_3^{d.\varpi_2} \ldots \rho_n^{i.\varpi_{n-1}}; \\
E = \rho_2^{c'(\varepsilon_1-1)} \rho_3^{d'(\varepsilon_2-1)} \ldots \rho_n^{i'(\varepsilon_{n-1}-1)}; \quad \Psi = \rho_2^{c''\psi_1} \ldots \rho_n^{i''\psi_{n-1}}; \quad \Omega = \rho_\alpha^{\chi_1 \tau'_1} \ldots \rho_\eta^{\chi_{n-1} \tau'_{n-1}}.
\end{array}\right.$$

» v désigne une quelconque des n racines de l'équation

$$v^n + a_1 v^{n-1} + \ldots + a_{n-1} v = 0,$$

réductible au degré $n-1$ et supposée résolue.

» Les quantités C, q_{n-2}, q_{n-3}, ..., q_0, sont des fonctions (connues) des coefficients $a_1, a_2, \ldots, a_n$.

» $\rho_2, \rho_3, \ldots, \rho_n, \rho_\alpha, \rho_\beta, \ldots, \rho_\eta$ représentent respectivement les racines de l'unité des ordres 2e, 3e, ..., n^e, α^e, β^e, ..., η^e; de sorte que Π, E, Ψ et Ω sont des radicaux composés, chacun, de plusieurs de ces divers ordres.

» Les caractères $c, d, \ldots, i, c', d', \ldots, i', c'', d'', \ldots, i''$ (ensemble au nombre de $3n-3$), et $\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_{n-1}, \omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_{n-1}, \tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_{n-1}, \chi_1, \chi_2, \ldots, \chi_{n-1}$ (au nombre de $4n-4$), qui surmontent le caractère ou signe $\sum$, repré-

sentent des indéterminées entières, positives, dont la variation produit successivement tous les termes du système de séries.

» Ces indéterminées, que j'appelle *principales*, varient librement entre les limites placées à la droite du susdit signe $\sum$, qui indique une sommation à faire.

» De ces indéterminées principales dépendent :

» 1° $\alpha, \beta, \ldots, \eta$, qui figurent dans Ξ;

» 2° $\psi_1, \psi_5, \ldots \psi_{n-1}$, qui figurent dans Ψ;

» 3° $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_{n-1}$, qui figurent dans E;

» 4° $\tau'_1, \tau'_2, \ldots, \tau'_{n-1}$, qui figurent dans Ω.

» $\alpha, \beta, \ldots, \eta$ se tirent, en même temps que $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_{n-1}$, des formules

$$\alpha = \frac{\omega_1 + \psi_1}{\varpi_1}, \quad \beta = \frac{\omega_2 + \psi_2}{\varpi_2}, \ldots, \quad \eta = \frac{\omega_{n-1} + \psi_{n-1}}{\varpi_{n-1}},$$

où $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_{n-1}$ sont limitées, respectivement, de 0 à $\varpi_1 - 1$, de 0 à $\varpi_2 - 1, \ldots,$ de 0 à $\varpi_{n-1} - 1$.

» $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_{n-1}$ et $\tau'_1, \tau'_2, \ldots, \tau'_{n-1}$ se tirent semblablement des formules

$$\varepsilon_1 = \frac{\tau_1 + \tau'_1}{\alpha}, \quad \varepsilon_2 = \frac{\tau_2 + \tau'_2}{\beta}, \ldots, \quad \varepsilon_{n-1} = \frac{\tau_{n-1} + \tau'_{-1}}{\eta},$$

où $\tau'_1, \tau'_2, \ldots, \tau'_{n-1}$ ont respectivement pour limites 0 et $\alpha - 1$, 0 et $\beta - 1, \ldots,$ 0 et $\eta - 1$.

» On doit exclure le cas de $\alpha = 0$, de $\beta = 0, \ldots,$ de $\eta = 0$, ou supprimer tous les termes qui s'y rapportent.

» Cette expression de x est fort compliquée; mais elle conduit à d'autres beaucoup plus simples, qui feront l'objet d'une communication ultérieure. Les facteurs Π, E, Ψ, Ω pourront être réduits à un seul, composé des racines de l'unité des ordres $2, 3, \ldots, n$, sans que les indéterminées qui resteront après cette réduction cessent de varier régulièrement, d'unité en unité. »

CHIMIE. — *Sur la décoloration spontanée de la teinture de tournesol; par* M. **Stan. Meunier**. (Extrait.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Dumas, Pelouze, Regnault.)

« Dans le cours d'expériences sur la diffusion moléculaire récemment présentées à l'Académie, j'ai été frappé de la décoloration que subissait la tein-

ture de tournesol lorsqu'elle restait un peu longtemps dans un tube de faible diamètre et fermé à l'une de ses extrémités. Comme j'obtins d'abord ce résultat avec du tournesol additionné d'acide chlorhydrique, je crus pouvoir admettre que la décoloration tenait à une petite quantité de chlore mis en liberté d'une manière inconnue, mais qu'on pourrait peut-être déterminer. Je ne m'arrêtai pas longtemps à cette opinion; car, ayant expérimenté comparativement avec de l'acide chlorhydrique contenant une très-faible proportion de chlore et de l'acide chlorhydrique parfaitement pur, c'est avec ce dernier que j'obtins la décoloration la plus rapide et la plus complète. Je reconnus d'ailleurs, à peu près en même temps, que la teinture de tournesol pure, sans aucun mélange de matière étrangère, se décolore spontanément dans certaines conditions. De la teinture aqueuse de tournesol fut mise dans un tube de verre de 1 mètre de longueur et de 5 millimètres de diamètre. Ce tube, fermé à la partie supérieure, était tenu verticalement et plongeait inférieurement dans de la teinture de tournesol. Après cent trente heures, 11 centimètres étaient entièrement décolorés, et les 4 ou 5 centimètres suivants présentaient une teinte plus pâle que le reste de la colonne.

» On fit alors varier la position du tube par rapport au réservoir, celui-ci étant parfois à la partie supérieure, tantôt à la partie inférieure du tube. Dans quelques expériences le tube fut tenu horizontalement. Toujours la décoloration commença au point le plus éloigné des parties en contact immédiat avec l'air, et se propagea peu à peu dans tout le tube....

» Dans une autre série d'expériences où je fis usage de tournesol mélangé de différentes substances, je reconnus qu'une petite quantité d'acide chlorhydrique hâte la décoloration, tandis que le bichlorure de mercure et l'alcool la retardent indéfiniment. De tous les faits observés je crus pouvoir conclure que la décoloration spontanée de la teinture de tournesol est due à une réduction subie par la matière colorante. Dans cette hypothèse, l'action inégale des deux acides chlorhydriques signalée plus haut s'explique assez bien. En effet, le chlore existant dans le liquide peut pendant quelque temps, les circonstances étant favorables, lutter contre les influences réductrices en dégageant une faible proportion d'oxygène. Mais si cette manière de voir est fondée, rien ne s'oppose à ce que la décoloration de quantités relativement considérables de teinture soit obtenue.... En effet, l'expérience prouve que cette décoloration s'obtient aisément.

» Si, comme je le supposais, la décoloration observée venait d'une réduction de la matière colorante, on devait pouvoir la reproduire au moyen

d'une action réductrice. C'est dans ce but que l'expérience suivante fut tentée : de la grenaille de zinc fut introduite au fond d'un tube de 6 millimètres de diamètre, contenant du tournesol additionné d'une goutte d'acide sulfurique. Aussitôt, de fines bulles d'hydrogène s'élevèrent dans le tube et traversèrent incessamment le liquide. Sous l'influence de ce gaz, on ne tarda pas à voir la nuance de la liqueur pâlir, ainsi que cela était prévu. En cinq minutes tout le liquide fut décoloré.

» Après avoir établi que la décoloration observée est le résultat d'une réduction, je voulus le prouver encore en montrant que le liquide décoloré peut, sous une influence oxydante, reprendre sa couleur première. Si on fait passer le liquide décoloré, du tube qui le contenait, dans un petit flacon, et si on l'agite au contact de l'air, la couleur ne tarde pas à reparaître : violette si le liquide primitif était neutre, rouge s'il était acide....

» Ayant ainsi reconnu que la décoloration spontanée de la teinture de tournesol est due à une réduction, on doit se demander quels sont les agents qui produisent cette transformation. J'incline à penser que ces agents ne sont autres que des microphytes qui, ayant besoin d'oxygène, en empruntent aux matières qui les entourent. Je me fonde sur ce que, dans plusieurs cas, j'ai pu apercevoir dans les tubes de petites végétations (1), et aussi sur ce que la décoloration spontanée est empêchée par les matières antiseptiques, telles que l'alcool et le bichlorure de mercure.... »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les cavernes de l'âge de la pierre suisse, dans la vallée de Tarascon (Ariége); par* **MM. F. Garrigou** *et* **H. Filhol.** (Extrait.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Valenciennes, de Quatrefages, Ch. Sainte-Claire Deville.)

« L'année dernière, le 16 novembre, nous annoncions à l'Académie des Sciences la découverte, dans les Pyrénées ariégeoises, des cavernes habitées spécialement à leur entrée, à une époque que nous avons cru devoir rapporter à l'âge de la pierre polie (âge de la pierre suisse).... Nous venons aujourd'hui donner les résultats généraux de l'examen détaillé des pièces paléontologiques retirées des cavernes de Bédeilhac, de Sabart, de

(1) Ces végétations se voient très-bien lorsque, dans une éprouvette un peu large et par une température convenable, on abandonne du tournesol additionné de quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

Niaux (grande), de Niaux (petite), d'Ussat (églises), etc.... M. Rutimeyer, professeur d'Anatomie comparée à Bâle, a bien voulu donner son approbation aux résultats suivants.

» *Bœuf.* — La plus grande partie des ossements de Bœuf de la grotte de Bédeilhac appartiennent à la race que M. Rutimeyer appelle race *primigenius.* Un fragment de crâne de Bédeilhac correspond parfaitement aux crânes des Bœufs dont la race est actuellement élevée dans le Hanovre et en Hollande, si ce n'est que les noyaux des cornes sont plus forts chez les premiers. On reconnaît là une modification peu altérée de crânes de l'ancien *Bos primigenius.* Nous possédons de nombreux ossements du squelette qui peuvent se rapporter au même type.

» De nombreuses mâchoires de Bœuf venant des grottes de Niaux sont très-caractéristiques par la grande étendue de la série dentaire en comparaison de la mâchoire elle-même. M. Rutimeyer a trouvé cette étendue relative de la série dentaire plus grande qu'on ne la trouve généralement sur les crânes de la race *primigenius,* et il a pu faire la comparaison sur douze crânes; elle est égale à ce que l'on trouve en moyenne dans les mâchoires de la race *frontosus,* complétement inconnue encore dans les *Pfahlbauten* et dans toutes les localités préhistoriques. Quelques dents venant des grottes de Niaux atteignent presque la grandeur de celles de l'ancien *Bos primigenius;* aussi quelques-unes des mâchoires peuvent-elles avoir appartenu à de grands individus de la race *primigenius.*

» Un certain nombre d'ossements et, en particulier, quelques astragales paraissent indiquer un Bœuf de petite taille, pas plus grand que le Bœuf des tourbières (*Bos brachyceros*) de M. Rutimeyer; mais il est impossible de se prononcer encore sans avoir trouvé de crânes.

» Les ossements de Bœuf indiquent tous que les animaux auxquels ils ont appartenu ont vécu en domesticité.

» *Mouton.* — Les ossements de Mouton indiquent l'existence d'une espèce très-voisine du Mouton des tourbières, et d'une seconde espèce peut-être plus trapue que la première.

» *Chèvre.* — Il y a aussi dans ces grottes une Chèvre à canons très-grêles et élancés, mais ne différant en aucune manière de beaucoup d'individus de notre temps. Les crânes, les mâchoires, les ossements de Chèvre sont plus nombreux que ceux du Mouton, comme cela a lieu pour les habitations lacustres de la Suisse.

» Nous avons déjà signalé dans notre Note du 16 novembre le Chamois et le Bouquetin.

» *Cerf.* — Des fragments de crânes et de bois, ainsi que plusieurs mâchoires, se rapportent au *Cervus elaphus.* Avec lui, nous avons trouvé le Chevreuil.

» *Chien.* — Les fragments de mâchoire que nous avons retirés de diverses grottes de l'âge de la pierre polie indiquent un animal que M. Rutimeyer a trouvé très-semblable à notre Chien d'arrêt, mais plus fort que celui des *Pfahlbauten.*

» *Sus.* — Nous possédons plusieurs crânes identiques à celui du *Sus palustris* de M. Rutimeyer, tel qu'on le trouve dans le lac de Bienne, à Neuveville, etc., tel qu'il est décrit dans la *Faune des habitations lacustres* du célèbre professeur de Bâle. Presque toutes les pièces relatives au *Sus* indiquent des animaux réduits en domesticité. Quelques-unes cependant, quoique incomplètes, semblent appartenir au *Sus scrofa ferus.*

» M. Rutimeyer pense, comme nous, que l'on peut rapporter les ossements que nous venons de décrire à l'âge de la pierre suisse.

» L'étude des débris humains que nous avons recueillis dans les foyers des cavernes de l'âge de la pierre polie nous a donné aussi d'intéressants résultats. L'étude de ces débris humains, ainsi que celle des animaux dont les restes sont unis aux ossements taillés, polis, associés aux haches en serpentine polie, aux meules en granite, aux pointes de flèche en quartz et en silex, assure la vérité de ce que nous avons été les premiers à annoncer, l'existence, dans certaines cavernes des Pyrénées ariégeoises, d'un âge antéhistorique, correspondant à l'âge de la pierre suisse. »

M. Morel adresse un Mémoire concernant un système de propulsion pour les navires dont il avait fait l'objet d'une Note présentée à la séance du 20 juin dernier. Sa nouvelle communication a pour titre: « Levier à point d'appui gratuitement mobile pour la compression économique de l'air ».

(Renvoi à M. Séguier qui est déjà saisi de la première pièce et qui, si l'ensemble du travail lui paraît de nature à devenir l'objet d'un Rapport, provoquera la nomination d'une Commission.)

M. Pyrlas envoie d'Athènes un complément à sa Note du 18 avril « sur la direction des aérostats ».

(Renvoi aux Commissaires précédemment nommés: MM. Piobert, Morin, Séguier.)

CORRESPONDANCE.

M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE transmet à l'Académie une demande qui lui a été adressée par *M. Chatelain*, à l'effet d'encourager par la promesse d'un dédommagement pécuniaire de nouvelles recherches sur une question proposée plusieurs fois comme sujet de prix (dernier théorème de Fermat), et enfin retirée du concours en 1856.

A ce concours, la Commission n'ayant encore trouvé parmi les pièces qui lui avaient été soumises aucun travail qui semblât digne du prix, proposa de l'accorder à *M. Kummer* pour ses belles « Recherches sur les nombres complexes composés de racines de l'unité et de nombres entiers ». L'Académie ayant adopté cette proposition, ne dispose plus par conséquent de moyens d'encouragement pécuniaire pour de nouvelles recherches sur la question.

La Lettre de M. Chatelain est renvoyée à l'examen de la Commission de 1856, composée de MM. Liouville, Lamé, Chasles, Bertrand, avec invitation de présenter prochainement un projet de réponse à M. le Ministre.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Réflexions sur les formules pour l'écoulement des fluides données par* M. Zeuner, *et réclamation de priorité relative à l'une d'elles. Nouveau théorème sur les capacités; par* **M. A. DUPRÉ**. (Présenté par M. Bertrand.)

« Dans deux ouvrages intitulés : *das Locomotiven-Blasrohr* (Zurich, 1863), et *Uber den Ausfluss von Dæmpfen und hocherhitzten Flüssigkeiten, etc.* (Zurich, 10 janvier 1864), que je ne connais que par les publications de M. Combes dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, M. le professeur Zeuner déduit du principe des forces vives et du principe de l'équivalence une expression de la vitesse d'écoulement des fluides qu'il applique d'abord aux liquides et dont il tire ensuite trois formules pour les gaz :

» 1° La formule de Bernoulli, qu'il donne comme approchée et dont j'ai démontré par expérience l'inexactitude;

» 2° Une formule rigoureusement applicable au cas où la température du gaz est la même dans toutes ses parties ;

» 3° Une formule pour le cas où le gaz sortirait du réservoir et se détendrait d'une manière complète sans recevoir aucune quantité de chaleur venant soit des corps étrangers, soit des molécules gazeuses appartenant à la masse non encore écoulée.

» Mes recherches sur la théorie mécanique de la chaleur m'ont conduit,

il y a plusieurs années déjà, à la formule usitée pour les liquides et à la seconde formule pour les gaz; j'en ai donné des démonstrations différentes de celles de M. Zeuner dans un Mémoire présenté à l'Académie le 10 juin 1861. L'extrait inséré à cette époque dans les *Comptes rendus* n'ayant provoqué aucune réclamation de priorité, mes droits me paraissent établis.

» De plus, j'ai réussi, en ce qui concerne les gaz, à réaliser les circonstances pour lesquelles la seconde formule est calculée; je me suis servi pour cela d'un appareil qui m'a permis de vérifier avec une extrême précision son exactitude, et j'ai présenté à l'Académie le Mémoire qui contient la description de mes expériences.

» Quant à la troisième formule, que, pour des écoulements très-rapides, son savant auteur regarde comme donnant des résultats plus approchés de la réalité que les deux autres, elle est, ainsi que la seconde, une conséquence exacte de l'hypothèse prise pour point de départ; mais je ne connais aucune expérience qui puisse servir de vérification. S'il s'agissait de la dépense, on pourrait s'appuyer sur les observations de M. Poncelet, qui fait autorité en cette matière, et aussi sur quelques autres noms éminents; mais on ne sait point déterminer la valeur de la section où la détente est complète, et par conséquent la dépense ne donne pas la vitesse maximum. Les expériences faites jusqu'à présent pour mesurer les températures des jets n'ont donné rien d'exact : le frottement produit beaucoup de chaleur, et les résultats sont profondément altérés; je n'aperçois qu'un moyen indirect permettant de s'assurer si l'hypothèse de M. Zeuner s'applique, au moins d'une manière approchée, à l'écoulement dans les circonstances ordinaires. Avant de le faire connaître, je vais indiquer les nombres fournis par la formule dans deux cas où la pression extérieure p_2 est supposée égale à 1 atmosphère, et où la température t_1, dans le récipient qui contient l'air comprimé, est 20 degrés centigrades. Si la pression p_1 dans le réservoir est 10 atmosphères, le calcul donne pour vitesse maximum $W = 540^m,5$, et pour la température du jet après la détente $t_2 = -124$ degrés. Pour $p_1 = 2$ on trouve $W = 330,6$ et $t_2 = -34$ degrés. La seconde formule donne pour le premier cas $W = 622,3$ et dans le second $W = 341,4$.

» Si on considère la section à détente complète et si on admet l'hypothèse de M. Zeuner, la vitesse W et la température t_2 sont connues et données par les relations

$$(2) \qquad W^2 = 2gEc(274 + t_1)\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{c-c_1}{c}}\right]$$

et

$$(2) \qquad \frac{274 + t_1}{274 + t_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{c - c_1}{c}},$$

dans lesquelles E représente l'équivalent mécanique 437 de la chaleur,

» c la capacité à pression constante,

» c_1 la capacité à volume constant,

» t_1 la température dans le réservoir.

» On peut d'ailleurs imaginer un réservoir de gaz comprimé à température t_2 et à pression p' convenable pour produire la vitesse maximum W à température constante; la seconde formule est alors rigoureusement applicable, et on a, en désignant par D la densité relative à l'air,

$$(3) \qquad W^2 = \frac{2 \times 10333\, g(274 + t_2)}{1,3 \times 274\, D} \log_n \left(\frac{p'}{p_2}\right).$$

» L'élimination de t_2 et de W et l'emploi de la relation

$$(4) \qquad c - c_1 = \frac{10333}{1,3 \times 274\, DE}$$

donnent

$$(5) \qquad \log_n \left(\frac{p'}{p_2}\right) = \frac{c}{c - c_1} \left[\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{c - c_1}{c}} - 1 \right].$$

» Il devient donc facile de calculer la pression inconnue p', et comme cet artifice ramène la question au cas que j'ai étudié théoriquement et aussi par expérience, on procédera aux vérifications en recevant le jet perpendiculairement sur une très-petite plaque percée d'un trou communiquant avec un manomètre qui devra indiquer la pression p' elle-même si l'hypothèse est exacte; puisque c'est une action maximum qu'il s'agit de mesurer ici, on s'assurera aisément, par de légères variations, de l'exactitude de la position de la plaque. L'appareil manométrique peut sans inconvénient contenir un gaz plus chaud que celui dont la masse et la vitesse déterminent la pression; cela paraît évident, car il s'agit d'un phénomène de statique; cependant je m'en suis assuré par deux expériences, dans l'une desquelles la température a été portée au-dessus de 100 degrés, tandis que, dans l'autre, on a remplacé l'air par de l'acide carbonique. En hydraulique, une vérification analogue pourra être faite avec du mercure et de l'eau.

» On ne peut aucunement craindre que la petitesse des nombres à mesu-

rer rende difficiles les vérifications qui viennent d'être indiquées; car, dans le second exemple cité plus haut, on a $p' = 2,1554$, et la différence entre p' et p_1 surpassant $\frac{1}{7}$ d'atmosphère serait très-difficile à apprécier dans un tube à mercure en U dont un bout communiquerait avec le réservoir de gaz comprimé et l'autre avec le trou de la plaque.

» Dans le premier exemple le calcul donne $p' = 26,55$, et la différence à mesurer $16^{atm},55$ devient si grande, que je la considère, même avant les observations, comme suffisante pour faire douter fortement de l'exactitude de l'hypothèse. Au reste, avant tout examen, il me paraît difficile d'admettre que les molécules gazeuses qui prennent, en suivant leurs trajectoires, des vitesses croissantes entraînant des pertes de chaleur équivalentes à la force vive qu'elles gagnent, se refroidissent sans que les molécules qui s'écouleront plus tard participent, par conductibilité ou autrement, à la perte et s'opposent par conséquent à ce que la température t_2 soit aussi basse que le croit M. Zeuner. Quoi qu'il en soit, la détermination expérimentale d'une série de valeurs de p' sera sans contredit une donnée précieuse pour la science, puisqu'elle fera connaître (3) en tout cas d'une manière certaine la quantité $\frac{W^2}{1+\alpha t_2}$. Si, ce qui me paraît peu probable, l'expérience donne des valeurs de p' sensiblement égales à celles de p_1, il faudra en conclure que la température t est à chaque instant la même dans la section à détente complète et dans le récipient; par suite, la seconde formule sera applicable au cas ordinaire. Alors il deviendra facile de calculer le refroidissement du poids variable q d'air non écoulé, car, le travail moteur égalant le travail résistant, la perte élémentaire de chaleur transformée en force vive aura pour expression $\frac{W^2 dq}{2gE}$, d'où l'équation

$$qc_1\,dt = \frac{W^2 dq}{2gE} = \frac{10333\,(274+t)}{274 \times 1,3\,DE} \log_n \left(\frac{p_1}{p_2}\right).dq = (c - c_1)\,(274+t) \log_n \left(\frac{p_1}{p^2}\right).dq.$$

» En appelant q_1 la valeur initiale de q, on en tire

$$(6) \qquad \frac{274+t}{274+t_1} = \left(\frac{q}{q_1}\right)^{\frac{c-c_1}{c_1} \log_n \left(\frac{p_1}{p_2}\right)}.$$

t tend vers -274 degrés lorsque q tend vers 0 degré; mais on ne peut légitimement appliquer la formule à ces circonstances extrêmes, parce qu'elle est appuyée sur la loi de Mariotte et sur la constance des capacités;

d'ailleurs, il est impossible d'empêcher complétement les parois du réservoir de réchauffer le gaz intérieur, ce que suppose le calcul.

» Je termine par une remarque relative à l'équation (3) de ma Note insérée dans le *Compte rendu* de la séance du 12 septembre. Si on l'applique aux corps nombreux dans lesquels le travail interne est fonction du volume seul et qui sont caractérisés par la relation

$$\varphi'(v) = (274 + t)\left(\frac{dp}{dt}\right) - p,$$

d'où l'on tire

$$\left(\frac{d^2p}{dt^2}\right) = 0 \quad \text{et} \quad \left(\frac{d^2p}{dv\,dt}\right) = \frac{1}{274 + t}\left[\left(\frac{dp}{dv}\right) + \varphi''(v)\right];$$

on trouve

$$\varphi''(v) = 0.$$

Pourvu qu'on excepte le cas des gaz très-dilatés où $\varphi'(v)$ s'est montré négligeable, il est évidemment impossible d'admettre que le travail interne élémentaire est indépendant du volume; ainsi la formule (3) n'est point applicable à la classe de corps dont il s'agit. Par suite, on ne peut avoir simultanément $\left(\frac{dp}{dv}\right) = 0$ et $\left(\frac{dc'}{dp}\right) = 0$, puisque (11) se réduirait à la relation (2) équivalente à (3); on est donc conduit à ce théorème relatif aux corps dans lesquels le travail interne dépend du volume seul :

» *La capacité à pression constante ne peut être indépendante de la pression quand la capacité à volume constant est indépendante du volume.* »

M. Lespiault, qui, dans la séance précédente, avait appelé l'attention de l'Académie sur un bruit entendu le 24 de ce mois dans les environs de Nérac, bruit qui lui semblait explicable seulement par l'explosion d'un bolide, annonce que cette conjecture s'est vérifiée et que le météorite s'est manifesté sur d'autres points par un phénomène lumineux. On trouve, en effet, dans le journal *la Gironde*, n° du 30 septembre, le renseignement suivant :

« Une Lettre particulière datée de Mont-de-Marsan nous informe que le 24 septembre, à midi vingt minutes, un globe de feu de la grosseur d'une bombe a éclaté près de cette ville avec un grand fracas. On eût dit la détonation simultanée de vingt pièces de canon ; le bruit s'est prolongé environ l'espace de dix secondes.

» D'après l'appréciation de notre correspondant, la direction du bolide était à peu près celle du nord au sud. Le phénomène s'est produit dans un moment qui n'a pu permettre de l'observer dans tout son éclat, car c'était, comme nous l'avons dit, en plein jour qu'on a vu cette gerbe de feu rapide comme un éclair, et le soleil était resplendissant. »

M. Liharzik prie l'Académie de vouloir bien comprendre dans le nombre des pièces admises au concours pour les prix Montyon de l'année 1865 deux ouvrages publiés par lui, l'un en 1858, l'autre en 1862. Le premier a pour titre : « De la loi de la croissance chez l'homme, et de l'arrêt de développement normal du thorax considéré comme cause principale du rachitisme et des affections scrofuleuse et tuberculeuse » ; l'autre est intitulé : « Loi de la croissance et de la conformation de l'homme ; théorie des proportions des parties du corps chez les deux sexes et dans les différents âges ». L'auteur adresse un nouvel exemplaire du premier ouvrage. Quant au second, un exemplaire en a été offert, dit-il, en 1862, à l'Académie des Beaux-Arts.

Une analyse en français de ces deux ouvrages est jointe à la lettre de M. Liharzik.

(Réservé pour la future Commission.)

M. Arentzen, dans une Lettre écrite de Copenhague, annonce que dans le cours de ses recherches sur le traitement des maladies des yeux, il a été conduit à reconnaître que l'électricité, appliquée d'après une méthode qui lui est propre, peut suspendre la marche d'une cataracte commençante. « Or, ajoute-t-il, comme l'altération, soit de la capsule, soit du cristallin, commence ordinairement en un point où on peut facilement la constater, du moment où l'on aura reconnu que c'est à cette cause que tient l'affaiblissement de la vue, on aura, dans le traitement que nous proposons, le moyen, non pas de rétablir la vision dans son intégrité, mais d'empêcher le mal de faire des progrès. Si l'Académie trouve qu'un pareil résultat, quoique n'étant pas tout ce qu'on pourrait désirer, ait encore une importance suffisante, je suis prêt à donner tous les détails nécessaires pour qu'on puisse en France essayer la méthode que j'applique depuis un an avec succès. »

M. Faccinetto (Giov.) adresse de Feltre, États vénitiens, une Note écrite

en italien, sur les moyens qu'il suppose propres à faire franchir aux véhicules se mouvant sur les chemins de fer d'assez fortes pentes.

Cette Note n'a pas paru de nature à devenir l'objet d'un Rapport.

M. Enault communique quelques observations qu'il a eu occasion de faire sur la résistance qu'oppose à la rupture le fil d'une certaine araignée de jardin. Il pense que bien que cette espèce soit probablement connue des naturalistes, ses fils n'ont pas fixé l'attention des personnes qui ont essayé d'utiliser les produits des arachnides.

La séance est levée à 4 heures et demie. F.

L'Académie a reçu dans la séance du 26 septembre 1864 les ouvrages dont voici les titres :

Observations météorologiques faites à la Faculté des Sciences de Montpellier pendant l'année 1863. (Extrait des *Mémoires de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier*, section des Sciences.) Montpellier; in-4°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube; t. XIV, 2e série; nos 67 et 68. Troyes; in-8°.

Bulletin de la Société impériale de Médecine, Chirurgie et Pharmacie de Toulouse; 64e année, 1864; nos 1 à 4; in-8°.

Nouveau système des mondes; par M. A. Bouvier. Lyon, 1862; in-8°.

Prochain retour des déluges universels établi sur des preuves certaines; par le même. Lyon, 1864; in-8°.

Uber... *Sur les altérations du tissu musculaire dans la fièvre typhoïde; par* le Dr F.-A. Zenker. Leipsig, 1864; in-4°.

Intorno... *Sur quelques influences spéciales du système nerveux sur le mouvement du cœur; par* le prof. Marco Paolini. Bologne, 1864; in-4°.

Observations... *Observations sur la planète Mars; par* J. Norman Lockyer; br. in-4°, avec planches.

Intorno... *Sur la réduction des intégrales elliptiques; par* le prof. Angelo Genocchi. (Extrait des *Annali di Matematica pura ed applicata;* t. VI, n° 1.) Rome, 1864; in-4°.

Intorno... *Sur l'accroissement en grosseur et en hauteur des plantes dicotylédones et monocotylédones; par* C. Bonadei. Sondrio, 1864; br. in-8°.

L'Académie a reçu dans la séance du 3 octobre 1864 les ouvrages dont voici les titres :

Études sur les étages jurassiques inférieurs de la Normandie; par M. Eugène EUDES-DESLONGCHAMPS. Paris et Caen, 1864; in-4°.

Recherches sur l'organisation du manteau chez les Brachiopodes articulés et principalement sur les spicules calcaires contenus dans son intérieur; par le même. Paris et Caen, 1864; in-4°.

Note sur la succession des Mollusques gastéropodes pendant l'époque crétacée dans la région des Alpes suisses et du Jura; par F.-J. PICTET. Genève, 1864; br. in-8°.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse; 6e série, t. II. Toulouse, 1864; in-8°.

Mémoires de la Société impériale d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers (ancienne Académie d'Angers); nouvelle période, t. VII; 1er et 2e cahiers. Angers, 1864; in-8°. 2 exemplaires.

Das Gesetz... *Loi de la croissance du corps de l'homme; arrêt du développement normal du thorax considéré comme la première et la plus importante des causes du rachitisme et des affections scrofuleuses et tuberculeuses; par* Franz LIHARZIK. Vienne, 1858; vol. in-8°.